

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-098111

(43)Date of publication of application : 07.04.2000

(51)Int.Cl.

G02B 5/10

G02B 17/00

G03F 7/20

H01L 21/027

(21)Application number : 10-268579

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 22.09.1998

(72)Inventor : TAKINO HIDEO

SHIBATA NORIO

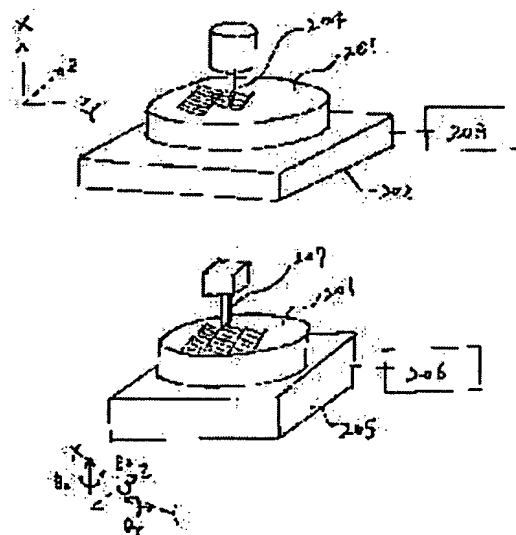
HANDA KOJU

SHINADA KUNINORI

(54) PRODUCTION OF MULTIPLE LIGHT SOURCE FORMING REFLECTION MIRROR AND OPTICAL DEVICE USING THIS REFLECTION MIRROR**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To permit the production of an optical element having intricate shapes with high accuracy and high working efficiency by generating an approximate shape of a basic reflection surface in the prescribed position of a workpiece by machining using a rotary tool and subjecting the approximate shape to correction working to a true shape by machining using a non-rotating tool.

SOLUTION: The workpiece 201 is installed on a work table 202. The work table 202 is driven by a controller 203 to position the workpiece 201 in such a manner that the rotary machining tool 204 exists in the upper part of the point desired to be worked. The rotary machining tool 204 is rotated and its position is moved within the basic reflection surface and to the peripheral region thereof and the workpiece is worked by executing the control in a depth direction. Next, the work table 205 is driven by a controller 206 in such a manner that the non-rotary machining tool 207 exists in the upper part of the



THIS PAGE BLANK (USPTO)

point to be worked to position the workpiece 201. The parts remaining at four corners and without being worked by the rotary machining tool 204 are then chipped off by the non-rotary machining tool 207.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-98111
(P2000-98111A)

(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000. 4. 7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 0 2 B 5/10 17/00		G 0 2 B 5/10 17/00	C 2 H 0 4 2 Z 2 H 0 8 7
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D 5 1 7
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願平10-268579

(22) 出願日 平成10年9月22日 (1998. 9. 22)

(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72) 発明者 瀧野 日出雄
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
(72) 発明者 柴田 規夫
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
(72) 発明者 半田 幸樹
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

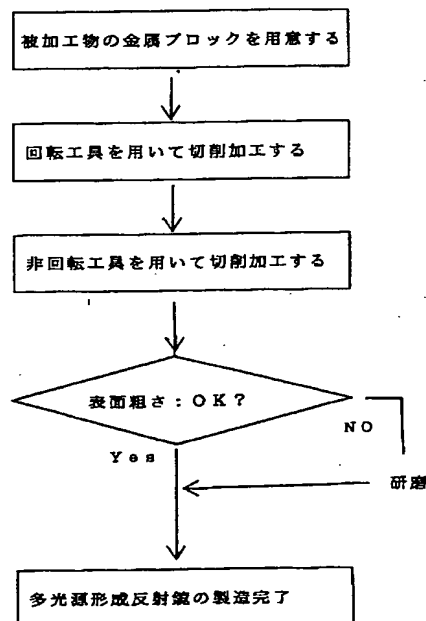
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多光源形成反射鏡の製造方法及び該反射鏡を用いた光学装置

(57) 【要約】

【解決すべき課題】 反射型多光源形成光学素子を製造するとき、回転機構を有する装置で全面に渡って加工しようとする、どうしても加工のこりを生じ、これが悪影響を及ぼして設計値通りの光利用効率を得られなかった。この為に、反射型の投影光学系を有する半導体露光装置が実現できなかった。本発明は、光値用効率の良い、多光源形成反射鏡を提供し、もって反射型半導体露光装置を実現する事を目指している。

【解決手段】 加工工程を二つに分け、先ず第1に加工速度が大きい回転工具で概略加工し、次いで、回転工具では加工不能領域を非回転工具によって加工し、正確な所定の面形状を有する基本反射面を得、全体として、良好な多光源形成反射鏡を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基本反射面が順次配列されてなる、反射型照明装置に用いられる多光源形成反射鏡の製造方法であって、被加工物として、該反射鏡の基盤となる金属製のブロックを用意し、回転工具を用いた切削加工によって被加工物上に順次所定の位置に基本反射面の概略形状を創成し、次いで、非回転工具を用いた切削加工によって概略形状を真の形状に補正加工することを特徴とする多光源形成反射鏡の製造方法。

【請求項2】複数の反射鏡からなる反射型照明装置であって、請求項1記載の製造方法によって製造された多光源形成反射鏡を有することを特徴とする反射型照明装置。

【請求項3】光源、マスクを保持して移動するマスクステージ、該マスクを照明する照明装置、該マスク上ののパターンをウェハ上に投影する投影光学装置、ウェハを保持して移動させるウェハステージを有する半導体露光装置であって、請求項2記載の反射型照明装置を有し、該反射型照明装置の多光源形成反射鏡が有する基本反射面は前記投影光学装置の光学視野と相似形であることを特徴とする半導体露光装置。

【請求項4】請求項3記載の半導体露光装置であって、該投影光学装置が複数の反射鏡からなる反射型投影光学装置であり、かつ該投影光学装置の光学視野が円弧状であることを特徴とする半導体露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、反射鏡の製造方法及び半導体製造装置に関するものであり、特に、微小な基本反射面の繰り返し配列により構成される反射面を有する反射鏡の製造方法、反射型照明装置、更にはその照明装置を用いた半導体露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在、DRAMやMCP等の半導体デバイスの製造においては、最小線幅をより狭くする開発研究が盛んに行われており、デザインルール 0.13 μm (4 G・DRAM相当)、0.1 μm (16 G・DRAM相当)、更には0.07 μm (32 G・DRAM相当)の実現に向けて種々の技術が開発されている。この最小線幅の問題と切っても切れない関係を有するのが、露光時に生じる光の回折現象であり、これに起因する、像や集光点のボケが必要な最小線幅を実現する時の最大の問題点である。この回折現象の影響を押さえるためには露光光学系の開口数 (N.A.: Numerical aperture) を大きくする必要があり、光学系の大口径化と波長の短波長化が開発のポイントになっている。ところが、光の波長が短くなると、特に 200 nm 以下になると、加工が容易で、光吸収の少ない光学材料が見当たらなくなってくる。そこで、透過光学系を捨てて、反射光学系による投影光学系の開発がなされており、相当な成果を上げてい

る。その中に、複数の反射鏡の組み合わせによって、軟X線に対して円弧状の光学視野(露光領域として使用出来る領域)を実現し、マスクとウェハを投影縮小率比の相対速度で、互いに同期して移動させることによってチップ全体を露光しようとする方法がある。(例えば、Koichiro Hoh and Hiroshi Tanino ; "Feasibility Study on the Extreme UV/Soft X-ray Projection-type Lithography", Bulletin of the Electrotechnical Laboratory Vol. 49, No.12, P.983-990, 1985、を参照

以後、参考文献1と記す)。ところで、最小線幅と並んで上記の様な半導体デバイス製造にとって重要な要素にいわゆるスループットがある。このスループットに關する要因としては、光源の発光強度、照明系の効率、反射系に使用する反射鏡の反射率、ウェハ上の感光材料・レジストの感度等がある。現在、光源としては、ArFレーザー、F2レーザー、更に短波長光の光源としてシンクロトロン放射光やレーザープラズマ光が開発されており、反射鏡に関しても、反射率を上げる多層膜からなる反射鏡の開発も急ピッチで行われ、実用化のレベルに近い(詳細は前述の参考文献1、及び、Andrew M. Hawryluk et al ; "Soft x-ray beamsplitters and highly dispersive multilayer mirrors for use as soft x-ray laser cavity component", SPIE Vol. 688

Multilayer Structure and Laboratory X-ray Laser Research (1986) P.81-90 及び、特開昭 63-312640を参照。以後、参考文献2と記す)。さて、照明系の技術開発であるが、要求される、一様照明性や開口数を実現する技術に関しては、例えば特開昭60-232552号公報に矩形形状の照明領域を対象とした技術が提案されている。しかし、上記投影系の様に投影光学系の視野が円弧上である場合、照明視野が矩形形状では光の利用効率が悪く、どうしても露光時間を短縮出来ず、従って、スループットが上がりなかった。最近、この問題を解決する方法として、投影光学系の有する光学視野に合わせて照明視野を設定し、これによって照明効率を上げ、スループットの問題を解決する方法が特願平10-047400に提案されている。この技術を図5を基に簡単に説明する。図5は投影露光装置の概要図であり、光源1より出た光は提案になる多光源形成反射鏡2、コンデンサー光学素子3及び反射鏡4を経てマスクステージ5上に保持されたマスク5を照明する。マスク5には、ウェハステージ7上に保持されたウェハ上に描くべきパターンが反射体図形として形成されている。マスク上のパターンは2、3、4からなる反射型照明光学装置によって照明され、6a、6b、6c、6dからなる投影光学装置6を通じてウェハ7上に投影される。この時投影光学装置の光学視野は製作すべきデバイスチップ全体をカバー出来るほど広くはなく、マスク5とウェハ7を同期させて相対的に移動(スキャン)させながら露光を行うことによってチップ全体のパターン

をウェハ上に形成する。このために、ステージの移動量を制御する、レーザー干渉距離計を含むマスクステージコントローラ 8 とウェハステージコントローラ 9 が備わっている。(このスキャンを伴う露光方式に関しては先の参考文献 1 を参照)。この際のポイントは、多光源形成反射鏡 2 をひとつ又は複数の微小な基本反射面の繰り返し配列により反射鏡を構成することであり、その基本反射面の外形状を投影光学装置の光学視野形状と相似形にすることである。これによって位置 P 2 に多数の点光源像 1 がほぼ円形状に形成され、これがコンデンサー光学素子によって必要な照明視野を形成する。上記のような技術を用いると、マスク上の照明すべき領域を無駄なく一様に照明出来、露光時間の短縮が可能になって、高いスループットを有する半導体露光装置の実現が可能になる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記の様な、円弧状の照明視野を有する反射型照明光学装置用の多光源形成反射鏡、及びその基本反射面を実際に設計した結果を図 6、7 を用いて説明する。図 6 (a) に示すように、この多光源形成鏡は、3 種類の基本反射面 (A 1、B 1、C 1) から構成されている。すなわち、図 6 (a) の多光源形成反射鏡の各列は、各基本反射面が A 1、B 1、C 1、…の順に配列されている。図 7 (a)、(b)、(c) には、各基本反射面の形状を示す。これらの図に示すように各基本反射面は、曲率半径 R の凹の球面 4 1 に、図 6 (b) に示すような Y Z 面に平行な円弧状帯 (平均半径が Z h の円の円弧状帯) を投影した形状になっている。この時投影する円弧の円の中心を球面の中心軸に合わせた場合の投影像が A 1 であり、円弧の中心を球面の軸に垂直に Y h だけずらせた場合の投影像が B 1、C 1 である。この投影像形状を切り出して基本反射面とする。いずれも、ほぼ円弧状になる。少なくとも X 方向より見れば完全な円弧状である。そして B 1、C 1 をそれぞれ Y 軸方向に平行移動して A 1 と組み合わせていく。このようにして出来た反射鏡に例えば X 方向より平行光線を入射させると A 1 による点像が球面 4 1 の焦点に、B 1 による点像が焦点より Y h だけ横ずれして、C 1 による点像が焦点より -Y h だけ横ずれして形成される。ここで、例えば、基本反射面の、好適な実用的な設計解としては、凹球面の曲率半径 R は 160~200 mm、Z h は 4.5~5.5 mm、円弧の幅 (円弧状帯の幅) は 0.3~2 mm、円弧の長さは 4.5~5.5 mm、Y h は約 2.3~2.7 mm となり、更に表面粗さが $R_{rms} < 0.3 \text{ nm}$ である。

【0004】ところで、上記のような反射鏡は通常、ボールエンドミルを備えた切削加工機を用いて切削加工により製作される。ボールエンドミルは図 8 (a) に示すような形状であり、その位置を被加工物に対して 3 次元的に制御することによって、同図 (b) のように色々な

面の加工が可能である。しかし実際、金属材料として、アルミニウムを用いて基本反射面を 1 個ずつ加工し、出来上がった多光源形成反射鏡を用いて実際に照明してみると、予期した良好な効率を有する多光源形成反射鏡は得られず、従って、スループットの高い半導体露光装置が得られなかった。そこで、その原因を追及したところ、図 9 に示すように、各基本反射面 5 1 が互いに隣接しており、谷となっている部分に加工残りが存在し、この部分の影響が主なものであることが判明した。この加工残りはボールエンドミルの軸半径に起因するもの、図中の CR 部、である。ボールエンドミルの軸半径の最小値は約 0.5 mm であることを考えると、このような切削加工を行う以上避けられない問題であることが判明した。そこで、本発明はこのような課題を解決するべく考案したものであり、設計通りの反射面形状を有する多光源形成反射鏡を歩留まり良く製造できる製造方法を提供することを第 1 の目的にし、更には、よりスループットの高い半導体露光装置を得ることを第 2 の目的にしている。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明では、第 1 の手段として、基本反射面が順次配列されてなる、反射型照明装置に用いられる多光源形成反射鏡を製造する際に、被加工物として、該反射鏡の基盤となる金属製のブロックを用意し、回転工具を用いた切削加工によって被加工物上に順次所定の位置に基本反射面の概略形状を創成し、次いで、非回転工具を用いた切削加工によって概略形状を真の形状に補正加工するようにした。これによって、回転工具のみでは加工できない部分の加工が正確に出来るようになり、全体として、高精度な多光源形成反射鏡を経済的に製作出来る。この作用効果は「発明の実施の形態」の項で説明する。

【0006】第 2 の手段として、第 1 の手段を実施する際に、研削加工され表面の表面粗さが仕様を満足しない場合には更に研磨加工を繰り返し行うことを特徴とした多光源形成反射鏡の製造方法。これによって、表面粗さに問題を残さない反射鏡を形成できる。第 3 の手段として、第 3 の手段として、複数の反射鏡からなる反射型照明装置に上記第 1、または第 2 の手段によって製造された多光源形成反射鏡を有するようにした。これによって、反射型照明装置の光利用効率が良くなり、コストも低減される。第 4 の手段として、光源、マスクを保持して移動するマスクステージ、該マスクを照明する照明装置、該マスク上のパターンをウェハ上に投影する投影光学装置、ウェハを保持して移動させるウェハステージを有する半導体露光装置に、上記第 3 の手段で得られた反射型照明装置を用い、その反射型照明装置の多光源形成反射鏡が有する基本反射面が前記投影光学装置の光学視野と相似形であるようにした。これによって、露光装置として、照明系と投影系の光学視野を合わせる事が出

来、従って、光利用効率が各段に向上してスループットの高い半導体露光装置が得られる。第5の手段として、第4の手段で得られる半導体露光装置に、投影光学装置が複数の反射鏡からなる反射型投影光学装置を用い、かつ投影光学装置の光学視野が円弧状であるようにした。これによって、157nmの波長を有するF2レーザーや軟X線を利用する半導体露光装置が得られる。なお、円弧状の投影系視野の利用は、少ない反射鏡数で、広い視野が得られることによっている。

【0007】

【発明の実施の形態】先ず、本発明の作用を説明する。図1は本発明に係る光学素子の加工プロセスを表すブロック図である。本発明では、単体の金属ブロックを準備し、これを被加工物に用いる。はじめに、回転切削工具を用いた切削加工を行い、次に非回転切削工具を用いた切削加工を行う。このように加工された加工面が荒い場合は、引き続き研磨を行う。はじめに、回転切削工具を用いた切削加工を行うのは、加工速度が速いため、短時間でおおよそその形状を加工できるからである。しかし、この加工では、加工領域の四隅や、角部に加工残りが生じる。この加工残りを、非回転切削工具による切削加工で除去してすることにより、所望の形状を高精度に得るのである。

【0008】次に、図2～4を用いて本発明の加工方法を以下に詳しく説明する。被加工物には、鋼材、アルミニウム、銅等、切削工具によって切削できる金属製の材料を用いる。切削できるのであれば、金属でなくても、たとえばセラミックスでも良い。ここで、例えば、基本反射面の、切り出すべき凹球面の曲率半径Rは180mm、Zhは5.0mm、円弧の幅(円弧状帯の幅)は0.3mm、円弧の長さは5.0mm、Yhは約2.5mmの場合を例にとる。先ず図2(a)を参照して、説明をする。被加工物201をワークテーブル202上に設置する。ワークテーブル202は制御装置203に接続されており、X、Y、Z方向に移動できるようになっている。被加工物201の上部には回転切削工具204(ボールエンドミルなど)が配置されている。回転切削工具204が加工したい箇所の上に位置するように、制御装置203によりワークテーブル202を駆動して、被加工物201を位置決めする。回転切削工具204を回転させ、その位置を1つの基本反射面内、及びその周辺領域に移動させると共に深さ方向の制御を行って加工する。その結果、図9に示すような外形状の基本反射面が得られる。これは、先にも記したように、加工領域の四隅や、角部に加工残りが生じるのは、回転切削工具の半径が有限であるためである。したがって、回転切削工具の強度が充分であれば、使用する回転切削工具の半径は小さいほど良い。つぎに、制御装置によりワークテーブルをZ軸方向に0.3mm移動して、再び1つの基本反射面に内接する領域を所望形状に加工する。こ

うして、第1列の加工を終えた後、Y軸方向に5mm移動させ、第2列目の加工を行う。これを繰り返すことにより、多光源形成反射鏡を形成する全基本反射面について、その内接する領域を所望形状に加工する。なお、上記には、被加工物201と回転切削工具204との相対的な位置決めのために、被加工物201の位置を制御しているが、回転切削工具204の位置を制御してもよい。

【0009】つぎに、前記のように加工した各基本反射面の四隅や、角部の加工残りを以下のように除去する。図2(b)を参照する。まず、前記の加工を行った被加工物201をワークテーブル205上に設置する。ワークテーブル205は制御装置206に接続されており、X、Y、Z方向に移動できるようになっている。場合によっては、さらに3自由度、即ち、X、Y、Z軸の回りに θ_x 、 θ_y 、 θ_z の傾き角を制御しながら、被加工物201を移動させることが出来る。さて、被加工物201の上部には非回転切削工具207、すなわち回転しない切削工具が配置されている。つぎに、非回転切削工具207が加工したい箇所の上部に位置するように、制御装置206によりワークテーブル205を駆動して、被加工物201を位置決めする。非回転切削工具207により、四隅や角部に残っている回転切削工具による加工残りを削り取る。図3、図4には、非回転工具207による四隅と角部の加工方法を模式的に示す。これらの図に示すように、非回転切削工具は、エッジ部に鋭利な刃物が付帯しており、同工具を構成する2片のなす角 α は、基本反射面の四隅の角度よりも狭い。また、他の2片のなす角 β は、基本反射面の角部の角度よりも狭い。図4中、破線は加工すべき基本反射面を表し、実線は回転工具にて加工された加工面を表す。続いて、制御装置206によりワークテーブル205をZ軸方向に0.3mm移動させて、隣接する基本反射面を加工する。こうして、第1列の加工を終えた後、Y軸方向に5mm移動させ、第2列目の加工を行う。これを、繰り返すことにより全基本反射面の四隅や角部にある加工残りを除去する。この4隅や角部の加工方法としては、例えば文献、(1)竹内芳美 他：6軸制御による自由曲面上の異形断面溝加工、精密工学会誌、Vol. 61、No. 1、1995、p. 133 及び (2) 葉閣齊 他：6軸制御による角隅加工の研究、精密工学会誌、Vol. 63、No. 11、1997、P. 1569；等に記載の方法が使用できる。また、場合によっては放電加工のような、機械的加工ではない方法も使用可能である。このように加工した基本反射面全体の粗さが仕様以下である場合には、基本反射面全体の加工部を研磨する。

【0010】上述のように、本製造方法では、単体の被加工物をワークテーブル上に設置して、多数の基本反射面を形成する。このため、たとえワークテーブルに対して切削工具が傾いていたとしても、各基本反射面の光軸

は同一方向にすることができる。すなわち、光学性能を高精度にできる。また、被加工物の加工機からの脱着は、第一の加工工程である回転切削工具による加工と、第二の加工工程である非回転切削工具による加工と、第三の加工工程である研磨加工の3回だけでよい。このため効率の良い加工ができる。また、それぞれの加工工程においては、数値制御プログラムに基づいて制御して加工できる。このため、効率の良い加工ができる。

【0011】なお、これらの面に対して、反射率を上げるために、F2レーザを光源に使用する時に、アルミニウム薄膜を約100nmの厚さに蒸着によって形成し、さらにその上に同一真空層内に酸化防止と反射率の維持の観点よりMgF2を数十nmの厚さに蒸着により形成した。また、軟X線領域の光（電磁波）を使用する時のためには、SiとMoの多層膜による反射鏡（前述の参考文献、1、2を参照）を形成した。

【0012】以上のように本実施例では、球面の1部分である基本反射面A1、B1、C1から構成される多光源形成反射鏡を示した。しかし、本発明で加工できる光学素子はこれに限られない。たとえば、基本反射面の種類は、3種類よりも多くても、少なくとも良い。また、基本反射面は非球面の1部分であっても良い。また、第1の光学素子、の大きさ、および基本反射面の大きさも、本実施例に限られるものではない。また、基本反射面の総数も、本実施例に限られるものではない。

【0013】上記多光源形成反射鏡を半導体露光装置に組み込むには、図5のように構成すれば良い。

【0014】

【発明の効果】上述のように、本発明によって提供される加工方法により、多数の基本反射面からなる複雑形状の光学素子を高精度かつ高い加工効率で製造できる。また本製造方法により得られた光学素子は、半導体デバイス製造装置用の照明装置に好適である。

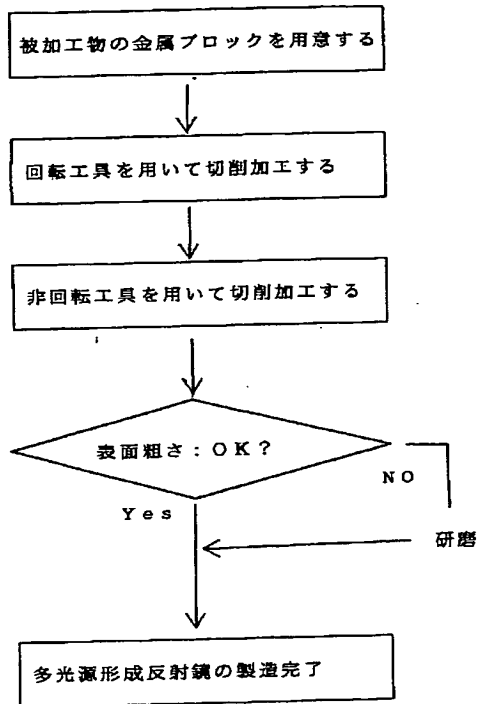
【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の加工方法のフローチャート

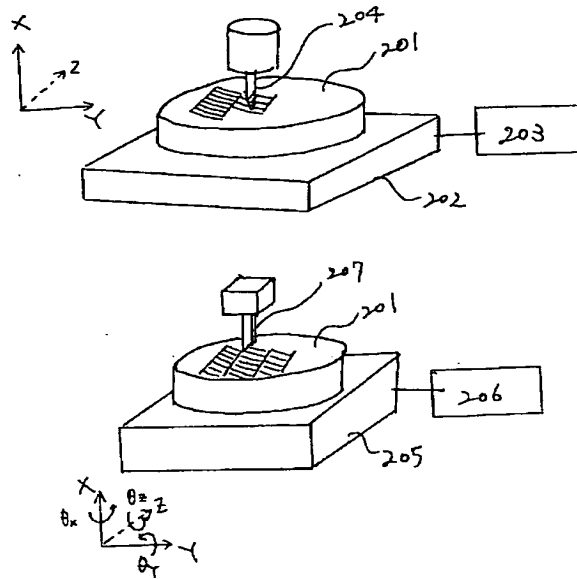
【図2】 本発明の実施例

- 【図3】 非回転加工工具の形状
- 【図4】 回転工具と非回転加工工具の加工領域
- 【図5】 本発明に係わる半導体露光投影装置
- 【図6】 本発明に係わる多光源形成反射鏡
- 【図7】 本発明の多光源形成反射鏡の基本反射面の例
- 【図8】 ボールエンドミルの形状と加工面形状
- 【図9】 従来技術による問題点
- 【符号の説明】
- 1 光源
- 2 多光源形成反射鏡
- 3 コンデンサー光学系
- 4 反射鏡
- 5 マスク、 5 s マスクステージ
- 6 投影光学装置
- 7 ウェハ、 7 s ウェハステージ
- 8 マスクステージコントローラ
- 9 ウェハステージコントローラ
- 41 基本反射面を切り出す母体となる凹球面
- 51 基本反射面
- 201 被加工物
- 202 ワークテーブル
- 203 制御装置
- 204 回転工具
- 205 ワークテーブル
- 206 制御装置
- 207 非回転工具
- A1、B1、C1 基本反射面
- CR 加工残り

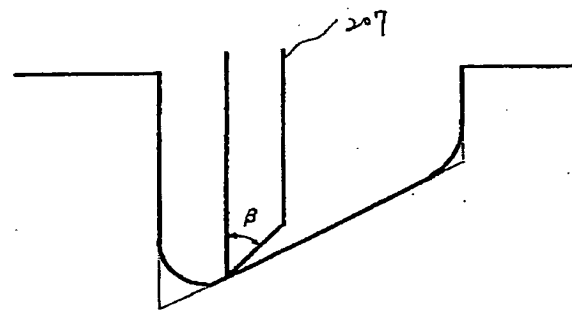
【図1】



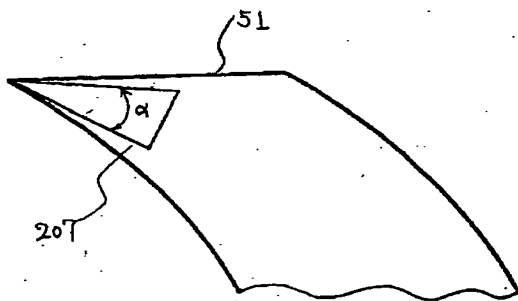
【図2】



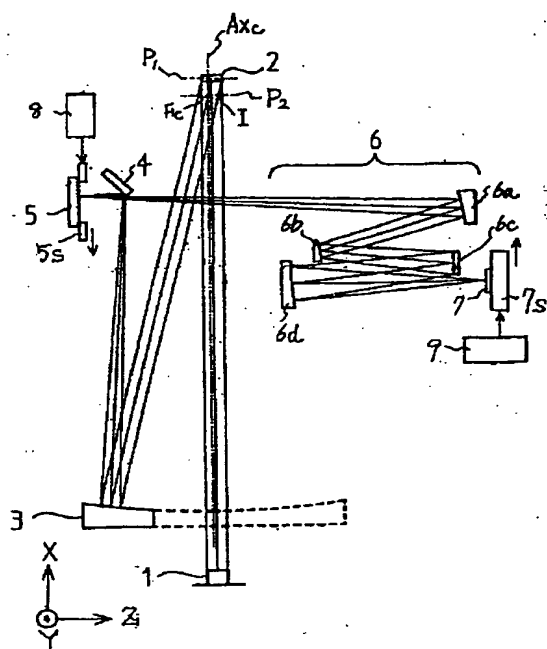
【図4】



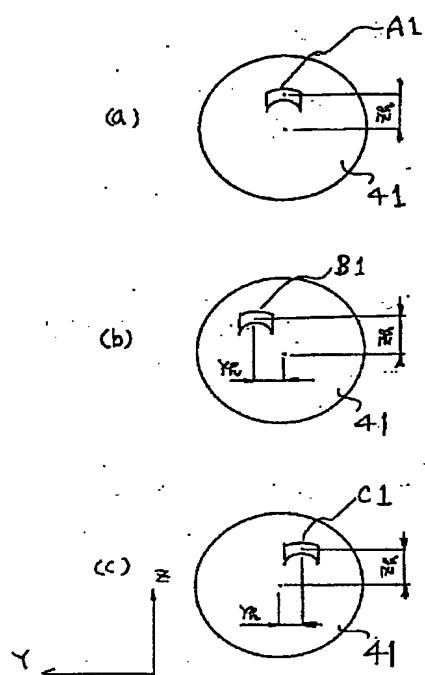
【図3】



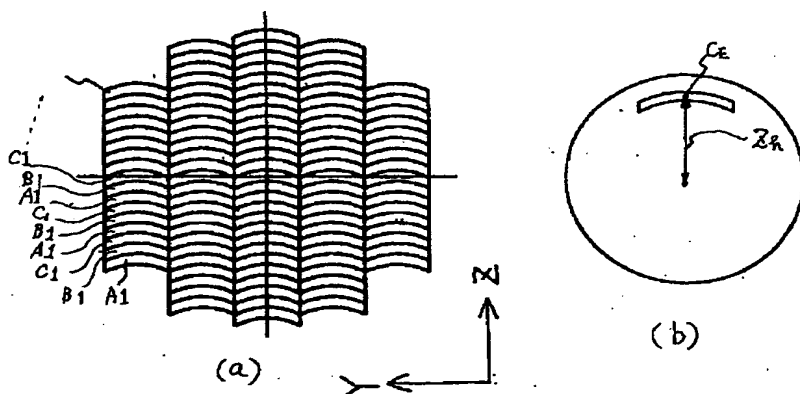
【図5】



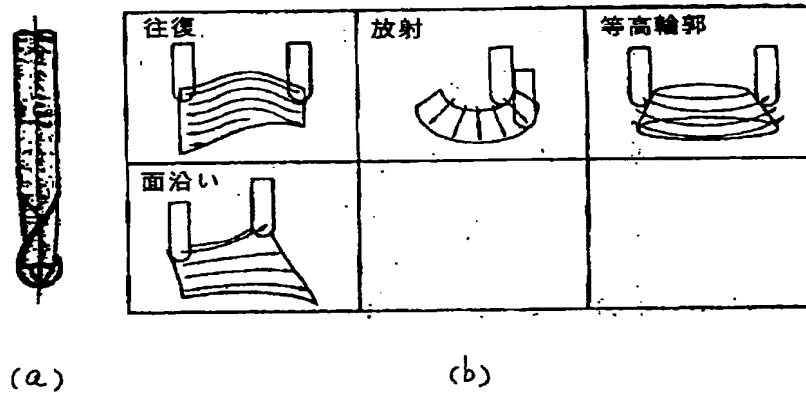
【図7】



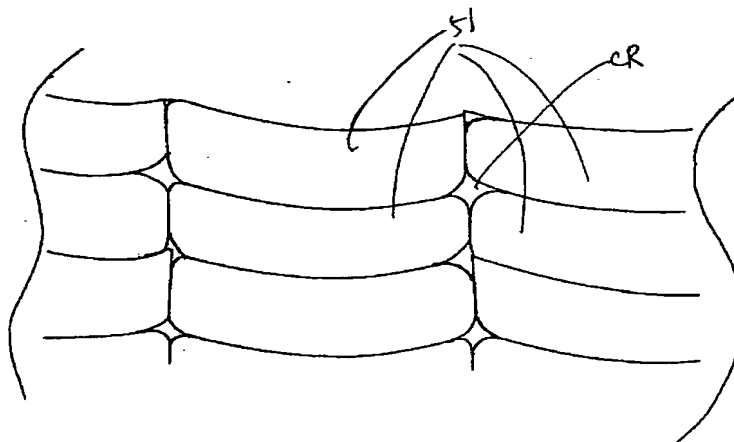
【図6】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 品田 邦典
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

F ターム(参考) 2H042 DA01 DA02 DA10 DA18 DC02
DC09 DC10 DD01 DD05 DE00
DE07
2H087 KA21 NA04 NA05 RA45 TA00
TA02
5F046 AA05 AA06 AA08 BA05 CA04
CA08 CB03 CB23 CB24 DB05
DC05 DC12

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)